

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONVERSIÓN DE UN CEMENTO  
RESINOSO DUAL Y UNA RESINA PRECALENTADA FOTOACTIVADOS  
A TRAVÉS DE DISCO DE CERÓMERO, ESTUDIO *IN VITRO***

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN  
ODONTOLOGÍA RESTAURADORA Y ESTÉTICA**

**AUTORA:  
CD. RONCAL ESPINOZA, ROSA JOSEFINA**

**Chiclayo, 08 de febrero del 2019**

**EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONVERSIÓN DE UN  
CEMENTO RESINOSO DUAL Y UNA RESINA PRECALENTADA  
FOTOACTIVADOS A TRAVÉS DE DISCO DE CERÓMERO,  
ESTUDIO *IN VITRO***

PRESENTADA POR:  
**CD. RONCAL ESPINOZA, ROSA JOSEFINA**

A la Facultad de Medicina de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de:

**SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ODONTOLOGIA  
RESTAURADORA Y ESTÉTICA**

APROBADA POR:

---

Mgtr. Esp.CD. Juan Carlos Julca Lévano  
PRESIDENTE

---

Mgtr. Esp. CD. Miriam de Jesús Arellanos  
Tafur  
SECRETARIO

---

Mgtr. Esp. CD. Sandra Vega Seminario  
Peñaranda  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por animarme constantemente a no dejar de lado mis objetivos, por tolerar mi ausencia en momentos importantes, y sobre todo, por ser el motor principal que me impulsa en el crecimiento personal y profesional.

### **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesora, Dra. Sandra Vega Seminario, por dedicar su valioso tiempo en la orientación de este trabajo, por sus consejos y por mostrar en todo momento su excelente calidad personal y profesional.

Al Dr Fabrizio Collares y la Dra Gabriela Balbinot, por todo su apoyo durante la ejecución del proyecto, por compartir con nosotros el Laboratorio de Materiales dentales en las instalaciones de la Universidad Rio Grande Do Sul, por su guía constante y gran hospitalidad.

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo comparar el grado de conversión (DC) de un cemento resinoso dual All Cem, FGM y una resina precalentada Palfique LX5, Tokuyama, fotoactivados a través de un disco de cerómero de 2mm y 4mm, inmediatamente después la fotopolimerización y 24 horas después. Se desarrolló en el Laboratorio de materiales dentales de la Universidad Federal Río Grande Do Sul- Brasil, conformando dos grupos: GA (grupo del cemento resinoso) dividido en GA2: especímenes resultantes de la fotopolimerización a través de disco de cerómero de 2mm y GA4: especímenes resultantes de la fotopolimerización a través de disco de cerómero de 4mm; y GP (Grupo resina precalentada), dividido en GP2: especímenes resultantes de la fotopolimerización a través de disco de cerómero de 2mm y GP4: especímenes resultantes de la fotopolimerización a través de disco de cerómero de 4mm. El tiempo de calentamiento de la resina fue de 5 minutos, con el dispositivo Ar Heat, (DEASIN). Para la medición del DC se usó el FTIR Vertex, Bruker Optic, Germany. Todas las muestras después de la primera medición fueron almacenadas a 37°C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, se midió una vez más el DC. Para el procesamiento de datos se utilizó el programa SPSS, con las pruebas estadísticas de ANOVA de una vía, comparaciones múltiples de Tucker y T de Student pareado ( $p < 0.05$ ). El estudio concluyó que el DC del GA2 presentó mejores valores que el GP2 inmediatamente después de la fotopolimerización; sin embargo, a las 24 horas no se evidenciaron diferencias significativas. Mientras que el DC del GA4 no presentó diferencias significativas con respecto al grupo GP4 inmediatamente después de la fotopolimerización, ni a las 24 horas, finalmente todos los grupos presentaron variación del DC en ambos tiempos, siendo mayores los valores a las 24 horas, sin presentar diferencias significativas.

**Palabras clave:** Resina compuesta, cemento resinoso dual, espectroscopía, FTIR

## ABSTRACT

The objective of the present study was to compare the degree of conversion (DC) of an All Cem dual resinous cement, FGM and a preheated resin Palfique LX5, Tokuyama, photoactivated through a 2mm and 4mm ceromer disk, up to light curing and 24 hours later. The experimentation was carried out in the Dental Materials Laboratory of the Federal University Rio Grande Do Sul- Brazil, following its protocols. Two groups were formed: GA (group of the resinous cement) divided in GA2: specifications resulting from the photopolymerization through the ceromer disk of 2 mm and GA4: specifications resulting from the photopolymerization through the 4 mm ceromer disk; and GP (preheated resin group), divided into GP2: specifications resulting from the photopolymerization through the 2 mm ceromer disc and GP4: specifications resulting from the photopolymerization through the 4 mm ceromer disc. The heating time of the resin was 5 minutes, with the device Ar Heat, brand DEASIN. For the measurement of DC, the Vertex FTIR, Bruker Optic, Germany was used. All the samples after the first measurement were stored at 37 ° C, for 24 hours, after this time once more in the DC. For the processing of the SPSS program data, with the statistical tests of one way ANOVA and multiple comparisons of Tuckey. For the comparison between times, the paired Student's T test was performed ( $p < 0.05$ ). The study concluded that the GA of the GA2 presented better values, the GP2, then, after the photopolymerization, however, at 24 hours, no significant differences were observed. While the DC of the GA4, there are no significant differences with respect to the GP4 group, after the photopolymerization, at 24 hours, and finally to the groups evaluated. hours, without presenting significant differences.

**Keywords:** composite resin, dual cure resin cement, Spectroscopy, Fourier Transform Infrared. (MeSh)

## ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimientos	
Resumen	5
Abstract	6
I. Introducción	8
II. Marco teórico	10
2.1 Antecedentes	10
2.2 Bases teórico científicas	11
III. Metodología	19
3.1 Tipo y Nivel de investigación	19
3.2 Diseño de investigación	19
3.3. Grupo de estudio	19
3.4 Criterios de selección	19
3.5 Operacionalización de variables	20
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.7 Procedimientos	21
3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos	25
3.9 Matriz de consistencia	26
3.10 Consideraciones éticas	27
IV. Resultados y discusión	28
V. Conclusiones	36
VI. Recomendaciones	37
VII. Lista de referencias	38
VIII. Anexos	41

## I. INTRODUCCIÓN

Las restauraciones indirectas, de tipo incrustaciones, son ampliamente utilizadas en el sector posterior, ya que pueden minimizar algunos efectos adversos de las restauraciones directas como el estrés por contracción y la formación de espacios en la interface diente/restauración<sup>1</sup>. Además, mediante estas se puede obtener buen sellado marginal después de la cementación.

El uso del material para unir estas restauraciones a la pieza dentaria ha ido evolucionando gracias a los nuevos avances en odontología adhesiva. Es así que, existe una gama de cementos, siendo el cemento resinoso el más indicado para este tipo de restauraciones debido a sus características de baja solubilidad, buena estética y fuerza de adhesión. Estos pueden clasificarse según su modo de activación: química, física (por luz) o combinación de ambos (dual).<sup>2</sup> Los cementos químicamente activados están indicados para materiales que bloquean el paso de luz; sin embargo, una de sus limitaciones es la reducción del tiempo de trabajo y la tendencia a volverse amarillento.<sup>3</sup> Por ello, se introdujeron los cementos duales, utilizados para restauraciones indirectas en el sector posterior ya que permiten una polimerización física y química, siendo indicados en restauraciones profundas donde la polimerización puede ser afectada por el grosor de la restauración, prolongando el tiempo de trabajo y alcanzando grados de conversión (DC) aceptables; evitan mayores valores de sorción y solubilidad, lo que reduciría la resistencia de unión; con pobres propiedades mecánicas originando la pérdida de la restauración, por despegamiento, fractura o caries secundaria; así como la liberación de subproductos que afectarían la biocompatibilidad del cemento. Por otro lado, debido a su aplicación bajo una restauración indirecta, en la mayoría de los casos, la activación física tiene un efecto limitado.<sup>2-4</sup>

Actualmente existe una tendencia a precalentar los resinas compuestas para cementación, debido a que algunos estudios han demostrado que esto aumenta su DC.<sup>5</sup>

Existen investigaciones en las que se compara el grado de conversión de distintas marcas de cementos resinosos en la cementación de cerómeros. Sin embargo, no existe evidencia alguna de la evaluación del grado de conversión de un cemento dual



fotoactivado (All Cem Dual) y una resina precalentada (palfique XL5), además considerar que , varios estudios muestran que el mecanismo de autocurado de algunos cementos duales es inadecuado.<sup>6</sup> Es importante tener en cuenta que, la aparición en el mercado de nuevas versiones de materiales de cementación propicia nuevas investigaciones, con la finalidad de probarlos y garantizar que satisfagan las necesidades de los profesionales odontólogos en sus diversas aplicaciones clínicas.

Así mismo, el uso de este tipo de materiales exige una implementación cuidadosa de una serie de pasos que garanticen el éxito del tratamiento, ya que un grado de conversión inadecuado puede afectar en forma negativa las propiedades mecánicas, alterar la estabilidad dimensional y disminuir su unión; perjudicando así la longevidad de la restauración. Desde este punto de vista, también se debe tener en cuenta que la elección de un agente de cementación depende de la situación clínica combinada con sus propiedades físicas, biológicas y de manipulación.<sup>2, 7</sup>

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del problema**

Di Francescantonio et al<sup>8</sup>, realizaron una investigación cuyo propósito fue evaluar el grado de conversión según los efectos de las viscosidades (alta y baja), el tiempo de evaluación (5 minutos y 24 horas) y el modo de curado de dos cementos duales: Variolink II y Nexus 2, en 8 grupos experimentales (n = 5). Los cementos se aplicaron a la superficie de una unidad de reflectancia total atenuada horizontal y se polimerizaron con autocurado (SC) o exposición a la luz durante 40 segundos. Resultó que el modo de doble polimerización proporcionó un DC más alta que la SC. Los valores de DC aumentaron para ambos cementos después de 24 horas. Los de baja viscosidad activados por luz o autocurados exhibieron un DC mayor que la versión de alta viscosidad. Se concluyó que la DC de los cementos fue mayor para los de baja viscosidad, después de la polimerización y a las 24 horas.

Aguiar et al<sup>9</sup>, realizaron un estudio para evaluar el DC y la cinética de polimerización de 4 cementos duales, 20 minutos después de la mezcla, y sus efectos sobre las propiedades mecánicas: resistencia a la flexión biaxial (FS) y módulo (FM). Se emplearon 2 cementos convencionales (RelyX ARC y Clearfil Esthetic Cement) y 2 autoadhesivos (RelyX Unicem y Clearfil SA Cement). Se usó un espectrómetro infrarrojo de Fourier para evaluar el DC en 3 condiciones: exposición directa a la luz, a través del disco prepolimerizado o autopolimerización. En los grupos de autopolimerización se exhibieron DC reducidos y se observaron valores intermedios en la polimerizaron a través del disco. Todos los grupos mostraron DC más alta al final de los 20 minutos. En la prueba FS, la mayoría se vio afectado por el modo de polimerización y las diferencias entre los grupos fueron dependientes del producto. Se concluyó que los cementos de resina lograron un DC superior inmediata y propiedades mecánicas cuando se fotopolimerizaban.

Vega Seminario et al<sup>10</sup>, compararon el grado de conversión de dos cementos resinosos duales convencional vs universal polimerizados con dos fuentes de luz de tercera y segunda generación, interponiendo discos de cerómero de 0mm, 2mm y

6mm de grosor en dos intervalos de tiempo: inicial y 24 horas, este estudio estuvo conformado por 60 especímenes divididos en dos grupos: convencional (Nexus 3Ker) y Relyx Ultimate (universal 3M), cada uno con 3 subgrupos dependiendo del grosor del disco de cerómero (0mm, 3mm y 6mm). Se evaluó el grado de conversión (DC) a través de Espectroscopía de transmisión infrarroja FTIR, se obtuvo una medida inicial y a las 24 horas, se concluyó que la polimerización del cemento dual convencional presentó resultados superiores en todos los espesores comparados al cemento universal, para todos los grupos el DC aumenta pasadas las 24 horas, independientemente del tipo de cemento o fuente de luz LED.

## 2.2 Bases teórico científicas

Las restauraciones indirectas de resinas compuestas fueron desarrolladas con el fin de minimizar el efecto negativo de sus cambios dimensionales, optimizando su sellado marginal, que garantice adecuadas propiedades mecánicas y estéticas. El desarrollo de este tipo de procedimientos se relaciona con la evolución de los cementos dentales, que hacen posible la fijación de la restauración al diente preparado, mediante adhesión de tipo micro mecánico, químico o por una combinación de ambas.

Este tipo de restauraciones requieren ser cementadas a través de procedimientos adhesivos, lo que implica el uso de cementos resinosos.<sup>11</sup> Los materiales resinosos, a su vez, deben alcanzar un alto grado de conversión de monómeros para presentar un mejor rendimiento clínico y una mayor longevidad.<sup>8</sup>

### 2.2.1 Cementos resinosos

Los cementos resinosos han sido empleados en odontología hace más de 3 décadas y su uso ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido a que presentan mejores propiedades estéticas, de resistencia y de retención en comparación con los cementos convencionales. Su uso está dirigido principalmente a la cementación de incrustaciones estéticas, onlays, inlays, carillas, coronas libres de metal, cementación de brackets, férulas

periodontales, postes; así mismo, recientemente también se ha indicado su uso en la cementación de restauraciones metálicas.<sup>6, 12,13</sup>

Uno de los indicadores para la elección del cemento según las diferentes situaciones clínicas es la viscosidad del mismo y sus modificaciones. Esta propiedad está relacionada básicamente con la proporción entre la matriz de resina y las partículas de relleno. Cuando se opta por versiones de viscosidades bajas, existen ciertos beneficios como la obtención de una película de menor espesor post cementación, lo que genera menor contracción de polimerización, e impide la formación de burbujas.<sup>8</sup>

Una de las desventajas en el uso de los materiales basados en resina es que estos pueden generar cambios de coloración con el transcurso del tiempo, afectando los resultados estéticos del tratamiento. Esta decoloración se asocia generalmente con la degradación de la matriz polimérica y/o componentes que no han reaccionado al sistema de polimerización.<sup>14</sup>

#### 2.2.1.1 Composición

Los cementos resinosos, corresponden básicamente a la misma composición del material restaurador pero con una menor carga de relleno inorgánico. En comparación a los cementos fraguables convencionales, presentan mayores valores de resistencia mecánica, bajo módulo elástico, buenas características estéticas y baja solubilidad.<sup>11</sup>

Principalmente estos cementos están compuestos a base de monómeros tales como Bis-GMA (bisfenol A-metacrilato de glicidila), UDMA (uretano de dimetacrilato) y monómero de menor peso molecular como el TEGDMA (trietilén glicol dimetacrilato) y, reforzados con cantidades variables de rellenos inorgánicos.<sup>12</sup>

La adopción de grupos funcionales hidrófilos, en los cuales están incluidos los sistemas organofosfonatos, hidroxietil metacrilato (HEMA) y 4-META (4-metacriloxietil trimelitano anhídrido), modificó la composición

orgánica del cemento resinoso en relación a las resinas compuestas y propició la posibilidad de unión con la superficie de la dentina. Para completar la composición, la resina aglutinante se combina con partículas cerámicas y sílice coloidal. Las partículas inorgánicas se presentan en las formas angulares, esféricas o redondeadas, el contenido y peso tienen una variación entre 36 a 77%, el tamaño de partícula oscila entre 10 y 15µm, dependiendo del producto (Anexo 1).<sup>15</sup>

#### 2.2.1.2 Modo de activación

Respecto al modo de activación, los cementos resinosos pueden ser químicamente activados, fotoactivados y de curado dual. La elección de cada cemento está en relación al tipo de procedimiento a realizar, por ejemplo Se ha recomendado el uso de cementos de activación dual o química cuando el espesor de la restauración es superior a 1,5-2 mm o su opacidad dificulta la transmisión de la luz, con la finalidad de lograr una adecuada polimerización.<sup>2, 12</sup>

##### ✓ Cementos duales

Los cementos duales se introdujeron al mercado con la finalidad de combinar las mejores características de los agentes de autocurado y fotopolimerizables, para lograr la obtención de un material que proporcione un tiempo de trabajo prolongado y que tenga la capacidad de alcanzar un alto grado de conversión en ausencia o presencia de luz. Teniendo en cuenta que, una de las zonas más oscuras, donde es poco probable que llegue la luz, es la región apical, donde se produce un bajo grado de conversión y las propiedades mecánicas se ven comprometidas. Por ende, este tipo de cementos son de elección para la colocación de restauraciones indirectas y postes.<sup>4, 8, 16</sup>

Desde este punto de vista, se debe considerar que, durante la cementación de las restauraciones estéticas, existe una parte de la luz emitida

por el dispositivo de polimerización que es absorbida por el material restaurador, que impide su transmisión al cemento. Es importante entonces, que aquellas zonas que han recibido una cantidad insuficiente de luz se pueda complementar la activación de las sustancias fotosensibles a través de la activación química, que asegure su polimerización. Existen estudios que mencionan que mientras el material tenga una mayor traslucidez y espesor, la conversión será reducida.<sup>12</sup> Así mismo, existen zonas durante la cementación de postes y restauraciones indirectas, como las zonas marginales expuestas, que se benefician ampliamente con la fotoactivación, no obstante, a causa de los efectos de reflexión y dispersión de la luz, la intensidad puede disminuir significativamente. Por tal motivo, en algunas situaciones, es el mecanismo químico (autocurado) el que genera la activación de la polimerización. Algunas investigaciones sugieren una gran dependencia a la exposición a luz de los cementos duales; sin embargo, otros autores afirman que la utilización de cementos de autocurado o duales generan propiedades similares. La principal razón es que la luz podría influir negativamente en el mecanismo de autocurado de los cementos duales; posiblemente porque la formación rápida de un polímero reticulado al exponerse a la luz conduce a atrapar a las especies reactivas, incluidos los activadores e iniciadores necesarios para la reacción de autocurado. Por lo tanto, un retraso entre la mezcla de cemento y la activación de la luz podría aumentar la concentración total de radicales libres, lo que conduciría a una mayor DC global, mejorando en definitiva las propiedades mecánicas del cemento. Así mismo, la activación de la luz retrasada es efectiva para reducir el estrés de contracción producida por la polimerización del cemento de resina. Existe una relación directa entre el DC, el módulo de elasticidad con el estrés por contracción. Es decir, un DC más alto aumenta la contracción de la polimerización y, en consecuencia, la tensión generada por la contracción.<sup>4</sup>

Varios estudios han complementado esta información indicando que el mecanismo de autocurado de algunos cementos duales es inadecuado y que

existe una relación inversa entre el grosor de las incrustaciones y el endurecimiento de los cementos resinosos duales y de fotocurados.<sup>13</sup>

Por otro lado, los cementos resinosos duales, usualmente poseen pobre estabilidad de color, respecto a los cementos fotopolimerizables. Esto está asociado con la oxidación de la amina coiniadora sin reaccionar del sistema de polimerización redox. Los coiniadores de los materiales de fotopolimerización son químicamente más estables y tienden a causar menos variación con el tiempo. La presencia de peróxido de benzoilo sin reaccionar en agentes de polimerización dual también puede conducir a una mayor inestabilidad de color.<sup>14</sup> De igual manera, se debe tener en cuenta que los factores relacionados al rendimiento clínico y durabilidad de la cementación son, entre otros, la estabilidad dimensional y la integridad estructural del cemento en la cavidad oral, dichos factores están ligados a las propiedades de sorción de agua y solubilidad. Esto indica, que la matriz de polímero de un cemento resinoso, en un ambiente húmedo, puede absorber agua, hincharse, originando la disminución dl módulo de elasticidad y resistencia a la ruptura.<sup>17</sup>

Los cementos resinosos duales, se basan en técnicas adhesivas total-etch o self-etch, que pueden involucrar un dos, tres o un solo paso de aplicación. Las técnicas que involucran más pasos son consideradas más susceptibles a error del operador, por lo que se han desarrollado cementos cuya aplicación de ácido grabador, primer o adhesivo no es necesaria, reduciendo el número de pasos clínicos para la simplificación de los procedimientos de cementación. Sin embargo, aunque los cementos resinosos autoadhesivos simplificaron la técnica de cementación indirecta al eliminar cualquier pretratamiento de la superficie denaria, la información detallada es limitada con respecto a su grado de conversión.<sup>9, 16</sup>

a. All cem dual

Es un cemento resinoso de pasta base y catalizadora, su mezcla da inicio a la polimerización química. Se encuentra disponible en los colores A1, A2, A3 y Translúcido.

El proceso de polimerización del producto se puede acelerar con el fotocurado originando su doble curado, la mezcla de ambas pastas es en la proporción 1:1 genera una alta capacidad adhesiva, resistencia a la flexión y un elevado grado de conversión. Presenta además facilidad de aplicación debido a la jeringa de doble cuerpo, que garantiza las proporciones correctas del producto, junto con las puntas de automezcla que generan la homogeneidad de las pastas e impiden la incorporación de burbujas.<sup>18</sup>

### 2.2.2 Cementación a base de resina precalentada

Actualmente, ha aumentado el interés de precalentar el composite con alto relleno para disminuir su viscosidad, debido a que el espesor de la película disminuye, se obtienen valores relativamente bajos de contracción por polimerización, en comparación con los cementos resinosos actualmente disponibles; además, ofrece al operador una mejor manipulación del material.<sup>19</sup>

Es así, que algunos estudios han demostrado que precalentar el composite a 50 ° C o 60 ° C aumenta su grado de conversión, dando como resultado mayor dureza, resistencia a la fractura, mayor resistencia y módulo de flexión, así mismo algunas investigaciones proponen el uso del composite híbrido precalentado para la cementación de restauraciones indirectas y laminados de porcelana.<sup>5, 19</sup>

Los investigadores utilizan para el proceso de calentamiento, un dispositivo denominado Calset Composite Warmer (AdDent Inc, Danbury, Connecticut, EE. UU.) que presenta bandejas intercambiables, una bandeja estándar y una bandeja dispensadora. Este tarda diez minutos en alcanzar las temperaturas que se han investigado en la literatura para el precalentamiento del material



compuesto (54 ° C y 68 ° C), y luego aproximadamente tres minutos para calentar el material.<sup>19</sup>

a. Resina Palique LX 5

Resina compuesta con relleno de partículas de un tamaño inferior a una micra (tamaño medio de una partícula: 0,2 µm; escala de tamaño de partículas: de 0,1 a 0,3 µm), fotopolimerizable y radioopaca. Contiene un 82% de su peso (71% de su volumen) de relleno de sílice-dióxido de zirconio y de composite. La matriz de monómeros contiene Bis-GMA y trietilen glicol dimetacrilato.<sup>20</sup>

### 2.2.3 Grado de conversión

La activación de los medios de polimerización para inducir el fotoiniciador (por ejemplo la canforoquinona) o romper la molécula del iniciador químico (peróxido de benzoilo) para formar radicales libres que iniciarán la polimerización, estos radicales libres se unen a los monómeros rompiendo dobles enlaces carbono-carbono. La adición continua de monómeros a una cadena en crecimiento da como resultado una cadena polimérica. En términos generales, el grado máximo de conversión (DC), está representado por el porcentaje de enlaces alifáticos C = C (dobles) convertidos en enlaces CC (únicos) para formar la red polimérica. Los cementos resinosos alcanzan alrededor del 60%, debido al aumento de la viscosidad del cemento durante la reacción de polimerización, lo que dificulta la movilidad de las especies reactivas. A medida que avanza la polimerización; sin embargo, la velocidad de difusión de los radicales libres que se propagan experimenta una fuerte reducción. Por ende, la conversión del monómero no es completa, y al final de la reacción, parte de los monómeros permanece como enlaces dobles colgantes o monómeros sin reaccionar atrapados en la matriz polimérica.<sup>3, 21</sup>

Se han reportado varios métodos para estudiar la DC de resinas compuestas. Estos incluyen evaluación de la dureza, microscopía óptica y métodos de vibración, es decir, espectroscopía infrarroja (Fourier Transform Infra Red) y espectroscopía Raman (Raman); sin embargo, la

mayoría de ellos usa la Espectroscopia Infrarroja Transformada de Fourier (FTIR).<sup>8, 22</sup>

El grado de conversión se ve afectado por la luz que llega al cemento, la distancia de la fuente de luz, la irradiancia, la densidad de energía aplicada, las propiedades de transmisión de la restauración indirecta y por la composición individual de cada producto, como el tipo de monómero y el contenido de partículas inorgánicas.<sup>38,7</sup>

Las principales limitaciones de la polimerización incompleta del cemento (mayor cantidad de monómeros residuales, menor DC), pueden traducirse en altos valores de sorción y solubilidad, menor dureza, baja fuerza de adherencia, alteraciones en la biocompatibilidad y estabilidad del color, así como irritación de la pulpa y pulpitis irreversible.<sup>3, 15 23, 24</sup>

Por otro lado, el DC de un cemento dual autoadhesivo puede variar desde un 37% cuando se fotopolimeriza durante 20 segundos a un 58% durante 40 segundos. Sin embargo, se ha demostrado que estos monómeros ácidos afectan negativamente el grado de conversión del cemento, ya que interfieren con el iniciador de amina.<sup>3</sup>

#### 2.2.3.1 Espectroscopía infrarroja

La espectroscopia vibracional fue una de las primeras técnicas espectroscópicas que encontró un uso extendido, en particular la espectroscopia de absorción infrarroja (IR) que recibe su nombre de la región del espectro electromagnético implicada. Avances más significativos se introdujeron con la incorporación el método de transformada de Fourier (FT- IR), que ha mejorado la calidad de los espectros y minimizado el tiempo requerido para la obtención de datos.<sup>25</sup>

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y nivel de investigación

- Según el periodo que se capta la información: prospectivo
- Según la evolución del fenómeno estudiado: longitudinal
- Según la comparación de poblaciones: comparativo
- Según la interferencia del investigador: experimental, *in vitro*

Nivel: explicativo

#### 3.2 Diseño de investigación

Experimental

#### 3.3 Grupo de estudio

El grupo de estudio estuvo conformado por 12 especímenes conformados por cemento resinoso y/o resina precalentada fotoactivados a través de disco de cerómero. Este tamaño de muestra fue determinado por antecedentes de estudios,<sup>10</sup> y según protocolo del Laboratorio de materiales dentales de la Universidad Federal Río Grande Do Sul, Brasil.

- Método de selección: muestreo no probabilístico.

#### 3.4 Criterios de selección

-Criterios de inclusión:

- ✓ Especímenes de cemento resinoso y/o resina precalentada de fotoactivados a través de disco de cerómero de 2mm y 4mm.

- Criterios de exclusión

- ✓ Especímenes fracturados o con macroburbujas.

### 3.5 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Tipo de cemento	Los cementos resinosos pueden ser químicamente activados, fotoactivados y de polimerización dual. <sup>12</sup>	Cemento resinoso dual All Cem y resina precalentada Palfique XL5	Presentación comercial o indicación del fabricante	All cem Palfique XL5	Cualitativa	Nominal
Grado de conversión	Porcentaje de enlaces alifáticos C = C (dobles) convertidos en enlaces CC (únicos) para formar la red polimérica. <sup>21</sup>	Es el porcentaje obtenido después de la aplicación de luz a través de un disco de cerómero.	Valor de la espectroscopia de transformación infraroja	%	Cuantitativa	De razón
Espesor de los discos de cerómero		Espesor en milímetros de los discos de céromero	Regla milimetrada	2mm 4mm	Cuantitativa	De razón
Tiempo	Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, cuya unidad en el sistema internacional es el segundo. <sup>26</sup>	Es tiempo de evaluación post fotopolimerización	La cantidad de tiempo después de haber realizado la fotopolimerización	- Inicial - Después de 24 horas	Cualitativa	Nonimal razón

### 3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El método de la investigación fue la observación estructurada.

Los datos obtenidos de la investigación fueron recolectados en la tabla especificada en el Anexo N°2.

### 3.7 Procedimientos

- A. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- B. Autorización para su ejecución: una vez aprobado el proyecto por parte del comité, se procedió a solicitar la autorización del coordinador del Laboratorio de Materiales Dentales de la Universidad Federal Río Grande Do Sul- Brasil.
- C. Confiabilidad de método: se procedió a la calibración del instrumento de medición Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) Vertex, Bruker Optic, Germany (Anexo N°1), para lo cual se desarrolló un estudio piloto con la finalidad de estandarizar los procedimientos. A partir de ello, se determinó el patrón de espesor estándar de la matriz de silicona que fue de 0.4mm, tratando de aproximar las características de la capa de cemento que se usa en condiciones clínicas en la cavidad oral, considerando que esta debe ser lo más delgada posible. Se calibró la fuente de luz Elipar™ DeepCure-S LED Curing Light - 3M utilizando un radiómetro.

#### D. Procedimientos:

Para este estudio, se elaboró un disco de cerómero de 5mm de diámetro por 2mm de altura, y se usaron dos colores: 1mm con la resina de laboratorio Premise Indirect, Restorative Refills, Facial Dentin A2, Kerr™, LOT 6150053 y el milímetro restante con la resina de laboratorio de Premise Indirect, Restorative Refills, Incisal Ligth, Kerr™, LOT 6246805.

De la misma forma se elaboró, un disco de cerómero de 5mm de diámetro por 4mm de altura, se usaron dos colores: 1mm con la resina de laboratorio Premise Indirect, Restorative Refills, Facial Dentin A2, Kerr™, LOT 6150053 y los 3

milímetros restantes con la resina de laboratorio de Premise Indirect, Restorative Refills, Incisal Ligth, Kerr<sup>TM</sup>, LOT 6246805. (Anexo N°2)

Todo ello, con la final de simular las características de color con las que se elaboran las restauraciones indirectas de cerómero.

Los grupos para este estudio fueron dos:

- GA: conformado por los especímenes de cemento resinoso All Cem, a su vez divididos en dos subgrupos, GA2 y GA4: cada uno constituido por los especímenes resultantes de la fotopolimerización del cemento resinoso All Cem, a través de discos de cerómero de 2mm y 4mm, respectivamente.

- GP: conformado por los especímenes la resina Palfique XL5- Tokuyama, a su vez divididos en dos subgrupos, GP2 y GP4: constituido por los especímenes resultantes de la fotopolimerización de la resina precalentada a través de discos de cerómero de 2mm y 4mm, respectivamente.

El grado de conversión de todos los grupos fue evaluado inmediatamente después de la fotopolimerización y de 24 horas.

La ejecución de la investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Materiales Dentales de la Universidad Federal Rio Grande Do Sul, Brasil.

Mediante la prueba piloto se pudo obtener una matriz de silicona estándar de 0.4 mm de espesor con un diámetro central de 5mm, dentro de la cual se colocó el material de cementación, así mismo se confeccionaron dos matrices de silicona adicionales con la misma forma de la primera, pero con espesores distintos: 2 mm y 4mm para cada uno de los discos de cerómero.

Prevía calibración especificada anteriormente, se procedió a la lectura inicial a través del FTIR Vertex 70, Bruker Optic, Germany para medir el espectro de luz que atraviesa el cemento en estado monomérico, es decir, sin polimerizar (SP). Estos valores se obtuvieron tanto para el cemento resinoso

All Cem como de la resina precalentada Palfique XL5, datos que fueron indispensables para aplicar la fórmula general del grado de conversión.

La primera evaluación se realizó utilizando el cemento resinoso dual All cem, A2 esmalte. Para ello, se colocó la primera matriz de silicona de 4mm dentro del orificio central del FTIR, después se dispensó el cemento con las puntas de auto mezcla del producto, que garantizan la proporción adecuada, la homogeneidad de las pastas e impiden la incorporación de burbujas. Luego se colocó una tira de poliéster (Metalúrgica Fava, MF 5020) y sobre esta se posicionó la segunda matriz de silicona conteniendo el disco de cerómero de 2mm; después de 1 minuto, corroborados con la ayuda de un cronómetro, se procedió a la polimerización con una fuente de luz LED (Elipar) <sup>3M</sup> con una intensidad de 1200mW/cm<sup>2</sup> durante 60 segundos y finalmente se realizó la medición del grado de conversión, es decir, el espectro de luz que atraviesa el cemento ya polimerizado (P1), con el FTIR Vertex 70 (Anexo N°3). Las intensidades de picos de absorbancia fueron determinadas a través de un software en una computadora conectada al FTIR. El grado de conversión para cada condición experimental se determinó calculando las intensidades de los picos de los enlaces dobles de carbono alifáticos (C=C) a 140 cm<sup>-1</sup> y aromáticos C=C a 1608cm<sup>-1</sup> para material no polimerizado y los posteriores a la polimerización. Se calcularon las intensidades de los picos como las relaciones del material no polimerizado y polimerizado y se expresaron los grados de conversión en porcentaje.<sup>27</sup> El porcentaje de grado de conversión inicial (DC I) fue calculado mediante la siguiente fórmula:<sup>28,29</sup>

$$GCI \left[ 1 - \frac{P1}{SP} \right] \times 100$$

Una vez culminado el procedimiento, se sacaron ambas matrices, tanto la que contenía el disco de cerómero, como la matriz del cemento. Con la ayuda de una pinza se retiró el espécimen (cemento resinoso dual All Cem fotopolimerizado) de la platina del FTIR para introducirlo en un tubo de ensayo plástico de 30 x 10mm, debidamente esterilizado. Todo este procedimiento se

realizó por triplicado (Anexo N°4). Así mismo, se siguió el mismo protocolo interponiendo la matriz de silicona que contenía el disco de cerómero de 4mm.

Para el caso del grupo de la cementación con resina, fue usada la resina Palfique LX5, Tokuyama, A2 esmalte, su calentamiento se llevó a cabo en un dispositivo denominado Ar Heat, de marca DEASIN- EE.UU, modelo Heater, con número de serie: C00012C22, que presenta 3 alternativas de temperatura, cuyo indicativo es el color de luz emitido en la parte anterior del calentador: 40°C (luz blanca), 50°C (luz verde) y 60 °C (luz roja). Para este estudio se utilizó la temperatura intermedia de 50°C, según estudios previos.<sup>5, 19</sup> Se esperó un tiempo promedio de diez minutos para alcanzar la temperatura deseada, el indicativo fue la luz verde emitida, que deja de parpadear al momento de llegar a la temperatura de 50°C, según el fabricante. El tiempo de calentamiento fue de 5 minutos, fue elegido sobre la base de un estudio piloto que reveló que después de 5 min de calentamiento, los materiales compuestos de resina alcanzaron la temperatura preestablecida del dispositivo de calentamiento.<sup>30</sup> Transcurrido este tiempo, se retiró la jeringa de resina del calentador y se verificó que se encuentre con baja viscosidad para colocarlo con la ayuda de una espátula en la platina del FTIR, donde se encontraba ubicada la matriz de silicona. Luego se colocó una tira de poliéster (Metalúrgica Fava, MF 5020) y sobre esta se posicionó la segunda matriz de silicona conteniendo el disco de cerómero de 2mm; el procedimiento duró 2 minutos, corroborados con la ayuda de un cronómetro, luego se procedió a la polimerización con una fuente de luz LED (Elipar) <sup>3M</sup> con una intensidad de 1200mW/cm<sup>2</sup>, durante 60 segundos y finalmente se realizó la medición del grado de conversión.

Una vez culminado el procedimiento, se obtuvieron ambas matrices, tanto la que contenía el disco de cerómero, como la matriz del cemento. Con la ayuda de una pinza se retiró el espécimen (cemento resinoso dual All Cem fotopolimerizado) de la platina del FTIR para colocarlo en un tubo de ensayo plástico de 30 x 10mm, debidamente esterilizado. Todo este procedimiento se



realizó por triplicado. Así mismo, se siguió el mismo protocolo interponiendo la matriz de silicona que contenía el disco de cerómero de 4mm.

Todos los especímenes fueron codificados previamente y almacenados en una estufa de calor seco a una temperatura de 37°C durante 24 horas<sup>14, 27</sup>. Cabe mencionar que todo el procedimiento se realizó en el mismo ambiente, a una temperatura de 25 °C, que cuenta con un filtro de luz y cuidados necesarios para evitar sesgos, evitando alguna fuente de luz externa. Para finalizar, se realizó una tercera lectura del espectro de luz (P2), y se obtuvo el porcentaje de grado de conversión a las 24 horas (GC 24H) mediante la aplicación de la misma fórmula.

### 3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos se utilizó el programa SPSS. Los resultados respecto a la comparación entre grupos se analizaron a través del test de ANOVA de una vía y el de comparaciones múltiples de Tuckey. Para la comparación entre tiempos se utilizó la prueba T de Student pareado, con un intervalo nivel de significancia del 5% ( $p < 0.05$ ).

### 3.9 Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población
¿Cuál es la diferencia entre el grado de conversión de un cemento resinoso dual y una resina precalentada fotoactivados a través de disco de cerómero?	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Comparar el grado de conversión de un cemento resinoso dual y una resina precalentada, según el grosor del disco de interpuesto, inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> Determinar la variación del grado de conversión de un cemento resinoso dual y una resina precalentada según el grosor del disco interpuesto, inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas.</p> <p>Determinar la variación del grado de conversión de acuerdo al tipo de material de cementación inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas.</p>	Existe diferencia entre el grado de conversión de un cemento resinoso dual y una resina precalentada fotoactivados a través de disco de cerómero?	<p>Tipo de cemento</p> <p>Grado de conversión</p> <p>Espesor de los discos de cerómero</p> <p>Covariable: tiempo</p>	<p>Tipos: Prospectivo longitudinal Comparativo</p> <p>Diseño: Experimental</p>	Grupo de estudio estuvo conformado por 12 especímenes constituidos por cemento resinoso y/o resina precalentada fotoactivados a través de disco de cerómero.

### 3.10 Consideraciones éticas

El presente trabajo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la facultad de medicina de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Cabe destacar que el trabajo de investigación por ser un estudio *in vitro* no comprometió los criterios éticos, pues se tomaron en cuenta todas las consideraciones para no vulnerar los estos aspectos, según la declaración de Helsinki (Fortaleza, 2013), aprobada por la Asociación Mundial de Medicina.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Resultados**

Los resultados obtenidos inmediatamente después de la polimerización muestran que, existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre los grupos evaluados, lo mismo ocurre para la evaluación 24 horas después de la polimerización (TABLA N° 1).

Inmediatamente después de la polimerización, el grupo correspondiente al cemento resinoso dual de 2mm (CR2) presentó diferencias estadísticamente significativas en relación al cemento resinoso dual de 4mm (CR4), el de mayor el grado de conversión (DC) fue el CR2. La misma situación sucedió al comparar el CR2 con la resina precalentada de 2mm (RP2) y la resina precalentada de 4mm (RP4): el CR2 mostró un mejor porcentaje de conversión. Por lado, el CR4 reveló diferencias estadísticamente significativas frente a la RP2, siendo mayor el DC en la RP2; no obstante, no existen diferencias en el DC de CR4 Y RP4. Finalmente, sí existen diferencias al comparar la RP2 y la RP4, pues la RP2 presenta mayor grado de conversión (TABLA N° 2).

En lo que se refiere a 24 horas después de la polimerización, los resultados mostraron que CR2 presenta diferencias estadísticamente significativas en relación al CR4 y RP4, pues el CR2 obtuvo mayor el DC; sin embargo, CR2 no evidenció diferencias estadísticamente significativas con RP2. Al comparar el CR4 con la RP2, si hubo diferencias significativas (el RP2 mostró un mejor porcentaje de conversión). Por otro lado, no existieron diferencias estadísticamente significativas al comparar CR4 y RP4, así como al comparar el RP2 y RP4. (TABLA N° 2).

Finalmente, los resultados muestran en cuanto a la comparación entre los tiempos (inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas) que existe un aumento en el porcentaje del grado de conversión de todos los materiales a las 24 horas, no obstante, no presentan diferencias estadísticamente significativas. (TABLA N° 3).

**Tabla N°1**

**Comparación del grado de conversión de un cemento dual y una resina precalentada, según el grosor del disco de interpuesto, inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas**

Tiempo	Grupo evaluado	n	Media%	D.E	Min	Max	Varianza	p
Inmediato	Cemento Resinoso Dual de 2mm	3	61.37	2.16	59.03	63.31	4.69	<0.001
	Cemento Resinoso Dual de 4mm	3	25.99d	0.80	26.62	26.00	0.62	
	Resina precalentada de 2mm	3	49.53	1.85	48.46	51.68	3.45	
	Resina precalentada de 4mm	3	21.62	8,10	13.03	29.14	65.70	
24 horas después	Cemento Resinoso Dual de 2mm	3	65.20c	7.10	57.66	71.77	50.44	<0.001
	Cemento Resinoso Dual de 4mm	3	30.02d	7.82	25.10	39.04	61.18	
	Resina precalentada de 2mm	3	50.89d	3.28	47.54	54.10	10.76	
	Resina precalentada de 4mm	3	38.09	8.54	32.00	47.86	73.03	

Prueba de Anova de una vía P

**Tabla N°2**

**Variación del grado de conversión de un cemento dual y una resina precalentada según el grosor del disco interpuesto, inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas**

Tiempo	Grupos comparados		p	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior
Inmediato	CR2	CR4	<0.01	35.37	24.09	46.65
		RP2	0.04	11.83	0.54	23.11
		RP4	<0.01	39.74	28.46	51.03
	CR4	RP2	<0.01	-23.54	-34.82	-12.25
		RP4	0.62	4.37	-6.90	15.65
		RP2	<0.01	27.91	16.63	39.19
24 horas	CR2	CR4	<0.01	35.17	16.89	53.44
		RP2	0.13	14.29	-3.97	32.57
		RP4	<0.01	27.09	8.81	45.37
	CR4	RP2	0.02	-20.87	-39.14	-2.59
		RP4	0.52	-8.07	-26.35	10.19
		RP2	1.19	12.79	-5.48	31.07

CR2= Cemento Resinoso Dual de 2mm

CR4= Cemento Resinoso Dual de 4mm

RP2= Resina precalentada de 2mm

RP4= Resina precalentada de 4mm

Prueba de Tukey

**Tabla N°3**  
**Variación del grado de conversión de acuerdo al tipo de material de cementación**  
**inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas**

Grupo evaluado	n	Diferencia de medias	Intervalo de confianza		p
			Límite inferior	Límite superior	
<b>CR1 VS CR2</b>					
(2MM)	3	-3.82	-24.85	17.20	0.51
<b>CR1 VS CR2</b>					
(4MM)	3	-4.02	-22.24	14.19	0.44
<b>RP1 VS RP2</b>					
(2MM)	3	-1.35	-10.57	7.85	0.59
<b>RP1 VS RP2</b>					
(4MM)	3	-16.47	-56.28	23.32	0.21

Prueba de T Student Pareado

CR= Cemento resinoso dual

RP= Resina precalentada

1= Inmediatamente después de la polimerización

2= Después de 24 horas

## **Discusión**

Los inconvenientes originados en la longevidad de las restauraciones indirectas están asociadas principalmente al agente de cementación.<sup>31</sup> Es así que, el reto para este procedimiento consiste en encontrar no solo un material que tenga la suficiente fluidez para discurrir por todas las paredes de la preparación, sino también que presente un alto grado de conversión, pues este afecta a las propiedades físicas y mecánicas del polímero,<sup>32</sup> considerando además que los monómeros sin reaccionar pueden originar citotoxicidad, entre otras cosas.<sup>33</sup> Los cementos resinosos son comúnmente utilizados para este tipo de procedimientos debido a que ofrecen cierto control del tiempo de trabajo y aseguran que los márgenes de la restauración, donde no llega la luz, alcancen a grados de conversión relativamente altos; no obstante, ofrecen desventajas entre ellas, el cambio de coloración del material y las deficientes propiedades mecánicas.<sup>34</sup> Una de las alternativas actuales es el uso de resinas compuestas convencionales precalentadas para reducir su viscosidad.<sup>35</sup> A pesar de ello, es necesaria su evaluación para corroborar su efectividad.

Por tal motivo, el estudio tuvo como propósito evaluar el grado de conversión de un cemento resinoso dual All Cem Dual, FGM y una resina precalentada Palfique LX5, Tokuyama; según el grosor del disco de cerómero interpuesto, inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas. Los resultados evidenciaron que inmediatamente después de la polimerización, el grupo correspondiente al cemento resinoso dual de 2mm (CR2) presentó diferencias estadísticamente significativas en relación al cemento resinoso dual de 4mm (CR4), siendo mayor el grado de conversión (DC) en el CR2, esto puede deberse al tamaño del disco, ya que, la luz de la fuente de polimerización se atenúa por la absorción y dispersión a medida que aumenta el espesor de la restauración, formándose menos radicales para iniciar la polimerización.<sup>36</sup> Para el caso de esta investigación los discos de cerómero fueron elaborados con dos colores: dentina A2 y la última capa de 1 mm, que va en contacto con la punta de la fuente de luz, con resina incisal; con la finalidad de emular las características que normalmente se emplean en las incrustaciones.

La misma situación sucede al comparar el grupo de resina precalentada de 2mm (RP2) y resina precalentada de 4mm (RP4), en el cual el RP2 presenta mayor grado de conversión con

diferencias estadísticamente significativas, situación que puede ocurrir por el espesor del disco, tal como se explica anteriormente.

Del mismo modo, al comparar el CR2 con la resina precalentada de 2mm (RP2) y la resina precalentada de 4mm (RP4), mostró mejor porcentaje de conversión el CR2. Estos resultados se pueden explicar debido a que la resina precalentada, pese a que hay estudios han demostrado una optimización en la conversión de monómeros,<sup>37</sup> existen otras investigaciones como la de Taubock y col, en el 2015, en la cual se evidenció que la temperatura elevada de la resina compuesta alcanzada después del precalentamiento no se mantiene constante durante la experimentación, pues existe un retraso de tiempo entre retirar la resina del dispositivo hasta dispensarlo al instrumento y con este a la preparación, contornearlo y empezar el proceso de polimerización. Además, investigaciones previas realizadas por los mismos autores muestran que durante un intervalo de 40 segundos entre la extracción del material de dispositivo hasta la polimerización, la temperatura del material disminuyó entre 34.9°C y 36°C, para el caso de las resinas Bulk fill.<sup>30</sup> En vivo, la mediciones de la temperatura mostraron que al calentarse el material a 60°C, la temperatura real, después de la colocación del material en la cavidad, hasta la fotopolimerización, se reduce de 36°C a 38°C.<sup>38</sup>

De igual manera, según lo descrito por Daronch et al., un 50% de la temperatura alcanzada se perderá después de 2 minutos y cerca del 90% después de 5 minutos de la remoción del compuesto del dispositivo de calentamiento.<sup>39</sup>

A partir de ello, esta investigación no aplicó condiciones isotérmicas para la evaluación, pues en un contexto donde la temperatura de la resina compuesta no se estabilice después del calentamiento, es indispensable para simular un escenario clínico real.

Por otro lado, no existen diferencias en el DC de CR4 Y RP4, esto se puede atribuir principalmente al tamaño de los discos, ya que las condiciones en cuanto al espesor para ambos casos, son las mismas; probablemente por ello los resultados no muestran variación. Esto es confirmado por Acquaviva y col. quienes observaron que las resinas compuestas precalentadas mostraron un grado de conversión similar al de los cementos resinosos de polimerización dual bajo bloques de cerámica de 2, 3 y 4mm.<sup>40</sup>



El CR4 presenta diferencias estadísticamente significativas frente a la RP2, siendo mayor el DC en la RP2. Esto podría deberse a dos razones: la primera, relacionada al espesor de los discos, situación explicada anteriormente y la otra, estaría relacionada con que el precalentamiento de las resinas, exhibe menor viscosidad, esta conducta se debe a que las vibraciones térmicas fuerzan y mejoran la movilidad de los monómeros compuestos u oligómeros a separarse más, lo que les permite deslizarse entre sí con mayor facilidad, es decir, facilitan el movimiento segmentario de la cadena polimérica y aumentan de esta manera la frecuencia de colisión de las especies reactivas y postergan el inicio de la vitrificación a una etapa posterior de la polimerización.<sup>30</sup> A su vez, la baja viscosidad, dada por su naturaleza viscoelástica<sup>41</sup>, indica disminución del espesor de la película;<sup>42</sup> mejorando también sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales son: mayor dureza superficial, resistencia a la tensión diametral y flexural; así como adaptación marginal mejorada, reducción de la microfilmación<sup>30</sup> y disminución de los tiempos de polimerización.<sup>43</sup> No obstante, el mayor porcentaje de conversión de doble enlace de resinas compuestas precalentadas también se acompañan de un aumento de la contracción volumétrica, pues conllevan a un aumento en el estrés por polimerización.<sup>41, 30</sup>

Por otro lado, la evaluación 24 horas después de la polimerización mostró valores similares, con la variación que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el grado de conversión de la RP2 y el CR2, pese a que el CR2 presentó valores ligeramente más altos. Esto ocurrió debido a que los cementos resinosos duales son activados a través de fotoiniciadores, pero también presentan componentes de auto polimerización químicos o redox, que aseguran la progresión del grado de conversión sin la presencia de una fuente de luz, por lo que la polimerización persiste, asegurando posiblemente la conversión en áreas que no son accesibles a la luz.<sup>34</sup> Sin embargo, una de sus desventajas es que el esfuerzo de polimerización puede causar fisuras en la línea de cementación o en el propio cemento, lo que originaría sensibilidad post operatorio. Es preciso mencionar que, el presente estudio consideró el inicio de la fotopolimerización un minuto después de su auto mezcla, debido a que algunas investigaciones sugieren retrasar la fotopolimerización hasta que la polimerización redox alcance un valor máximo, lo que podría reducir el estrés de polimerización causado por el cemento de resina, pues el estrés podría estar relacionado con la contracción volumétrica y el grado de conversión.<sup>34</sup>

Así mismo, el estudio no mostró diferencias estadísticamente significativas al evaluar CR4 y RP4, pero, se observó un ligero aumento en el grado de conversión de la resina precalentada, esto pudo ocurrir debido a que la observación en el transcurso del tiempo es un factor relevante para evaluar el grado de conversión de los cementos resinosos duales, tal como menciona Shim en una investigación realizada en el 2017, <sup>44</sup> en la que menciona que la autopolimerización continúa hasta dos semanas, incluso después que se ha completado la fotopolimerización. En base a ello, se podría inferir que probablemente el cemento All Cem, al ser evaluado a las 24 horas, aún no habría completado su polimerización total. Tomando en cuenta estas situaciones, existe un estudio que sugiere la obtención de múltiples mediciones en varios momentos para evaluar el grado de conversión de los cementos resinosos duales. <sup>44</sup>

Sin embargo, otros estudios afirman que el mecanismo de autopolimerización para los cementos duales no solo es más lento, sino que también podría ser menos efectivo. Por otro lado, corroborando el resultado de esta investigación en cuanto a la resina precalentada existe una variedad de estudios cuyos resultados han demostrado que a temperaturas más altas se produce un mayor grado de conversión y este a su vez ocurre con mayor rapidez, la cual origina aumentos mínimos pero significativos en la dureza Knoop a profundidades de 0 a 6 mm; evidenciando, por último, que el precalentamiento podría tener un efecto ventajoso, pues mejora el grado de conversión y la dureza en algunos casos, o no produce cambios negativos. <sup>35</sup> Además, los materiales compuestos precalentados tienen una mejor dureza de la superficie. <sup>45</sup>

Finalmente, este estudio reveló que, aunque no existen diferencias significativas al comparar los tiempos de polimerización inmediatamente y a las 24 horas, sí se pudieron observar incrementos en los grados de conversión pasadas las 24 horas. Esto coincide con el estudio de Ayub, en el 2014, <sup>33</sup> en el cual se demostró que la polimerización inicia inmediatamente después de su exposición a la luz y continúa 24 horas, en ese periodo, se da un proceso de reducción en el número de radicales libres y un pequeño pero significativo grado de conversión. La polimerización retardada se debe a las especies sin reaccionar con radicales libres que quedan atrapados dentro de la red más rígida durante la polimerización.

Igualmente, se debe considerar que existen muchos parámetros que influyen en el grado de conversión de las resinas compuesta: su composición, color, translucidez, características de la

unidad de polimerización, distancia entre la restauración la punta de la unidad, duración de la polimerización y temperatura del material.<sup>46</sup>

Las investigaciones respecto al tema son escasas, un estudio arrojó valores más altos a temperaturas elevadas corroborando con una sola marca de resina, y pudo variar estas características entre las diferentes marcas y presentaciones que existen.<sup>30</sup> Es decir, el grado de conversión se puede atribuir a muchos factores: composición de la resina, carga y forma de las partículas; por ende, a causa de la amplia variedad en la química y la composición de las resinas compuestas que actualmente se utilizan, se puede esperar diversas respuestas de los materiales al ser sometidos a temperaturas elevadas.<sup>47,44</sup> Las resinas compuestas que contiene alto contenido del monómero Bis.GMA, como Palfique LX5, debido a su alta viscosidad, alteran su movilidad durante la polimerización y evita que el polímero alcance altos valores en el grado de conversión.<sup>36</sup>

Finalmente, estudios como el Daronch y otros,<sup>38-9</sup> muestran una polimerización más rápida a temperaturas elevadas, ya que asumen que el tiempo de polimerización puede reducir hasta en un 75%, además mencionan que la polimerización de resina precalentada durante 5 segundos originó mayor grado de conversión. Sin embargo, altas velocidades pueden resultar en el aumento de la contracción volumétrica, con formación de estrés elevado, resultando perjudicial para la unión interfacial resina / diente.

Un aspecto positivo de este estudio es que se intentó simular la situación clínica en la experimentación. Se requirió dos minutos para el manejo del material compuesto,<sup>50</sup> uno de los principales retos para el dentista la disminución del tiempo de trabajo durante la cementación, desde la extracción del compule del dispositivo de calentamiento hasta su aplicación en la preparación. Es importante además considerar las limitaciones de esta investigación, al tratarse de un estudio *in vitro*, debe ser extrapolable a las condiciones orales *in vivo*, incluyendo diferentes temperaturas, adhesivos y materiales compuestos.

A partir de todo ello, se concluye que pese a existir evidencia respecto al tema, esta no es suficiente, por lo que se requieren estudios adicionales para usar de manera segura las resinas precalentadas como técnica de cementación en pacientes.

## **V. CONCLUSIONES**

- El grado de conversión del cemento resino dual, interpuesto por un disco de cerómero de 2mm presentó mejores valores estadísticamente significativos que la resina precalentada inmediatamente después de la fotopolimerización; sin embargo, a las 24 horas, no se evidenciaron diferencias notables.
- El grado de conversión del cemento resinoso dual, interpuesto por un disco de cerómero de 4mm, no presentó diferencias significativas con respecto a la resina precalentada inmediatamente después de la fotopolimerización, ni a las 24 horas
- Todos los grupos evaluados presentaron variación del grado de conversión de acuerdo al tipo de material de cementación inmediatamente después de la polimerización y a las 24 horas, siendo mayores los valores a las 24 horas, sin presentar diferencias significativas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar más investigaciones respecto al tema. En estas se podría emplear otras marcas y diferentes composiciones de resina, y variar además las temperaturas para identificar el porcentaje de grado de conversión más adecuado.
- Se sugiere desarrollar investigaciones longitudinales in vivo, en base a la evidencia identificada, con la finalidad de evaluar la longevidad de las restauraciones indirectas utilizando resinas precalentadas como material de cementación.
- Se recomienda continuar con la realización de estudios con cementos resinosos duales, evaluando su dureza y con mayores intervalos de tiempo.

## VII. LISTA DE REFERENCIAS

1. Souza-Junior E, Prieto L, Soares G, Dias C, Aguiar FH, Paulillo L. The effect of curing light and chemical catalyst on the degree of conversion of two dual cured resin luting cements. *Lasers Med Sci.* 2012; 27(1):145-51.
2. De Carvalho C, Borges R, Simamoto P, Soares C, Resende V. Degree of Conversion and Mechanical Properties of Resin Cements Cured Through Different All-Ceramic Systems. *Braz Dent J.* 2015; 26(5): 484-489.
3. De Souza G, Braga R, Cesar P, Lopes G. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *J. Appl Oral Sci.* 2015; 23(4):358-368.
4. Faria A, Piva E, Lima G, Boaro L, Braga R, Martins L. Effect of immediate and delayed light activation on the mechanical properties and degree of conversion in dual-cured resin cements. *J Oral Sci.* 2012; 54(3):261-266.
5. França F, Oliveira M, Rodrigues J, Arrais C. Pre-heated dual-cured resin cements: analysis of the degree of conversion and ultimate tensile strength. *Braz Oral Res.* 2011; 25(2):174-9.
6. Coelho Santos M, Navarro M, Tam L, McComb D. The effect of dentin adhesive and cure mode on film thickness and microtensile bond strength to dentin in indirect restorations. *Oper Dent.* 2005; 30(1):50-7.
7. Kumbuloglu O, Lassila L, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont.* 2004; 17(3):357-63.
8. Di Francescantonio M, Aguiar T, Arrais C, Cavalcanti A, Davanzo C, Giannini M. Influence of viscosity and curing mode on degree of conversion of dual-cured resin cements. *Eur J Dent.* 2013; 7(1):81-85.
9. Aguiar T, de Oliveira M, Arrais C, Ambrosano G, Rueggeberg F, Giannini M. The effect of photopolymerization on the degree of conversion, polymerization kinetic, biaxial flexure strength, and modulus of self-adhesive resin cements. *J Prosthet Dent.* 2015; 113(2):128-34.
10. Vega-Seminario S, Correa A. Evaluación del grado de conversión de dos cementos duales (universal y convencional) fotoactivados a través de discos de cerómeros utilizando dos fuentes de luz LED (tercera generación y segunda generación): estudio *in vitro*. [tesis doctoral]. Lima: Universidad Científica del Sur; 2016.
11. Corral D, Domínguez R, Bader M. Análisis comparativo del grado de sellado marginal de restauraciones cementadas con un cemento de resina compuesta y con una resina compuesta de restauración fluidificada. *Rev Dent Chile.* 2015; 106 (1) 20-25.
12. Fonseca R, Cruz C, Adabo G. The influence of chemical activation on hardness of dual-curing resin cements. *Braz Oral Res.* 2004; 18(3):228-32.
13. Santos G, El-Mowafy O, Rubo J, Santos M. Hardening of dual-cure resin cements and a resin composite restorative cured with QTH and LED curing units. *J Can Dent Assoc.* 2004; 70(5):323-8.
14. Almeida J, Schmitt G, Kaizer M, Boscato N, Moraes R. Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *J Prosthet Dent.* 2015; 114(2):272-7.
15. Chain M, Baratieri L. Restauraciones estéticas con resina compuesta en dientes posteriores. São Paulo: Ed. Artes médicas; 2001.

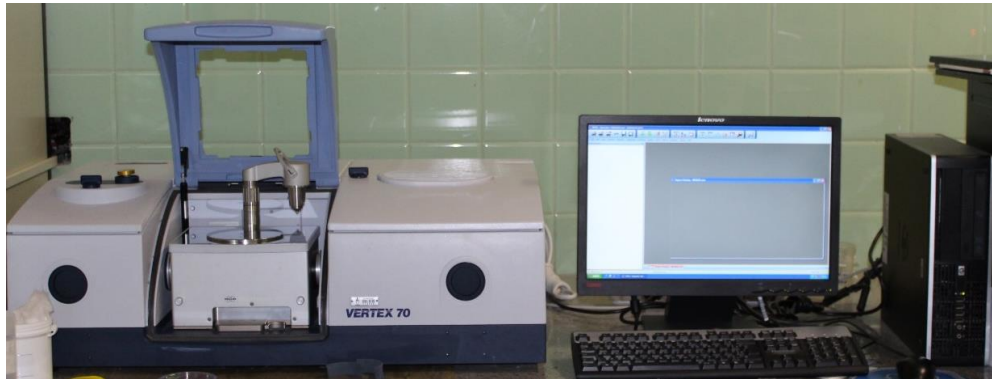
16. Aguiar T, Di Francescantonio M, Arrais C, Ambrosano G, Davanzo C, Giannini M. Influence of curing mode and time on degree of conversion of one conventional and two self-adhesive resin cements. *Oper Dent*. 2010; 35(3):295-9.
17. Meşe A, Burrow M, Tyas M. Sorption and solubility of luting cements in different solutions. *Dent Mater J*. 2008; 27(5):702-9.
18. FGM [sede Web]. Brasil: FGM Productos odontológicos; 2018. [acceso 10 de diciembre de 2017]. Cementos, All Cem Cemento Dual [1]. Disponible en: <http://www.fgm.ind.br/site/produtos/estetica-es/allcem/?lang=es>
19. Rickman L, Padipatvuthikul P, Chee B. Clinical applications of preheated hybrid resin composite. *Br Dent J*. 2011; 211(2):63-7.
20. Manufacturer Tokuyama Dental Corporation. Resin-based dental restorative material PALFIQUE LX5 Japan; 2014.
21. Noronha Filho J, Brandão N, Poskus L, Guimarães J, Silva E. A critical analysis of the degree of conversion of resin-based luting cements. *J Appl Oral Sci*. 2010; 18(5): 442–446.
22. Al Kheraif A, Qasim S, Ramakrishnaiah R, Ihtesham ur Rehman. Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites. *Dent Mater J*. 2013;32(2):326-31.
23. Mainardi Mdo C, Giorgi M, Lima D, Marchi G, Ambrosano G, Paulillo L et al. Effect of energy density and delay time on the degree of conversion and Knoop microhardness of a dual resin cement. *J Investig Clin Dent*. 2015;6(1):53-8.
24. Mendes L, Cunha I, Sayão M, Benzi M. Dual-curing, self-adhesive resin cement: influence of the polymerization modes on the degree of conversion and microhardness. *Mat. Res*. 2013;13(2):171-176.
25. Serrano J. Espectroscopía infrarroja. Instrumentación y métodos de análisis químico.
26. Diccionario de la Real Lengua Española [sede web]. Madrid: Asociación de academias de la lengua española; 2014 [actualizado 13 de octubre del 2017; acceso 26 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=DglqVCc>.
27. El- Korashy D. Post-gel shrinkage strain and degree of conversion of preheated resin composite cured using different regimens. *Oper Dent*. 2010 Mar-Apr;35(2):172-9.
28. Morgan L, Teixeira K, Vasconcellos W, Albuquerque R, Cortés M. Correlation between the cytotoxicity of self-etching resin cements and the degree of conversion. *Indian J Dent Res*. 2015;26(3):284-8.
29. López A, Correa A. Evaluación del grado de conversión de cementos resinosos fotoactivados a través de un disco de disilicato de litio. *Rev. Cient. Odontol*. 2016;4(2):538-546.
30. Tauböck T, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: Effects on shrinkage force and monomer conversion. *J Dent*. 2015 Nov;43(11):1358-64.
31. Demirbuga S, Ucar F, Cayabatmaz M, Zorba Y, Cantekin K, Topçuoğlu H et al. Microshear bond strength of preheated silorane- and methacrylate-based composite resins to dentin. *Scanning*. 2016;38(1):63-9.
32. Boaro L, Goncalves F, Guimaraes TC, Ferracane J, Pfeifer C, Braga R. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of “low-shrinkage” commercial resin composites. *Dent Mater*. 2013; 29(4):398-404.
33. Ayub K, Santos G Jr, Rizkalla A, Bohay R, Pegoraro L, Rubo J et al. Effect of preheating on microhardness and viscosity of 4 resin composites. *J Can Dent Assoc*. 2014;80: e12.

34. Faria-e-Silva A, Pfeifer C. Delayed photo-activation and addition of thio-urethane: impact on polymerization kinetics and stress of dual-cured resin cements. *J Dent*. 2017; 65: 101–109.
35. Wagner W, Aksu M, Neme A, Linger J, Pink F, Walker S. Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. *Oper Dent*. 2008 ;33(1):72-8.
36. Miletic V. Dental composite material for direct restorations. Serbia: Springer; 2018.
37. Leinfelder K, Bayne S, Swift E Jr. Packable composites: Overview and technical considerations. *J Esthet Dent*. 1999;11(5):234-49.
38. Rueggeberg F, Daronch M, Browning W, DE Goes M. In vivo temperature measurement: tooth preparation and restoration with preheated resin composite. *J Esthet Restor Dent*. 2010;22(5):314-22.
39. Daronch M, Rueggeberg F, Moss L, De Goes M. Clinically relevant issues related to preheating composites. *J EsthetRestor Dent*. 2006; 18(6):340–50.
40. Acquaviva P, Cerutti F, Adami G, Gagliani M, Ferrari M, Gherlone E et al. Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: a micro-Raman analysis. *J Dent*. 2009 Aug;37(8):610-5.
41. Davari A, Daneshkazemi A, Behniafar B, Sheshmani M. Effect of Pre-heating on Microtensile Bond Strength of Composite Resin to Dentin. *J Dent (Tehran)*. 2014;11(5):569-75.
42. Trushkowsky R. A new technique for placement of posterior composite- *Dent Today*. 2002;21(11):20-1.
43. Elsayad I. Cuspal movement and gap formation in premolars restored with preheated resin composite. *Oper Dent*. 2009;34(6):725-31.
44. Shim J, Kang J, Jha N, Ryu J. Polymerization Mode of Self-Adhesive, Dual-Cured Dental Resin Cements Light Cured Through Various Restorative Materials. *J Esthet Restor Dent*. 2017;29(3):209-214.
45. Yang J, Raj J, Sherlin H. Effects of preheated composite on micro leakage-An in vitro study. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(6):ZC36-8.
46. Dionysopoulos D, Papadopoulos C, Koliniotou-Koumpia E. Effect of temperatura, curin time, and filler composition on surface microhardness of composite resins. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):114-8.
47. Blalock J, Holmes R, Rueggeberg F. Effect of temperature on unpolymerized composite resin film thickness. *J Prosthet Dent*. 2006;96(6):424-32.
48. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res*. 1991;99(5):440-4.
49. Calheiros F, Daronch M, Rueggeberg F, Braga R. Effect of temperatura on composite polimerization stress and degree of conversion. *Dent Mater*. 2014;30(6):613-8.
50. Da Costa J, Hilton T, Swift E Jr. Critical appraisal: preheating composites. *J Esthet Restor Dent*. 2011;23(4):269-75.



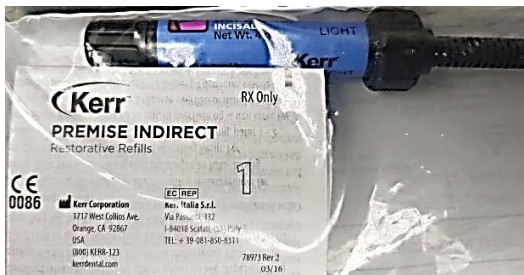
## VIII. ANEXOS

### Anexo N°1:

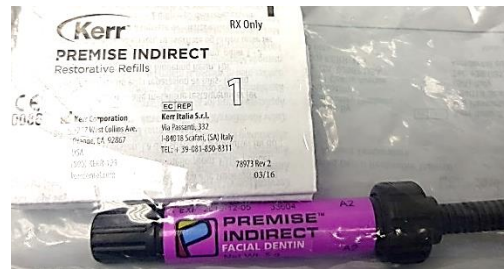


*FTIR Vertex, Bruker Optic, Germany*

### Anexo N°2:

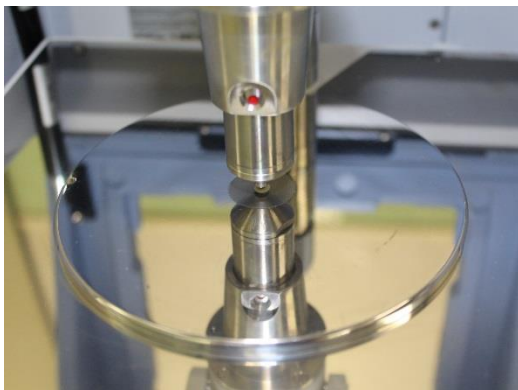


*a. Premise Indirect, Incisal Ligth, Kerr<sup>TM</sup>*

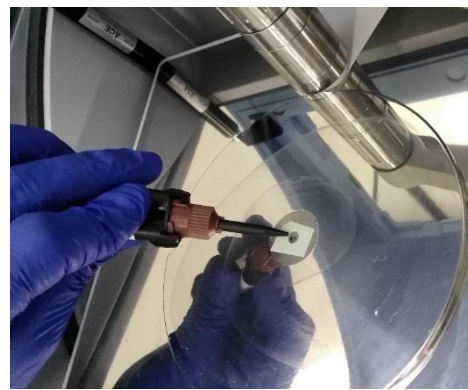


*b. Premise Indirect, Facial Dentin, Kerr<sup>TM</sup>*

### Anexo N°3:



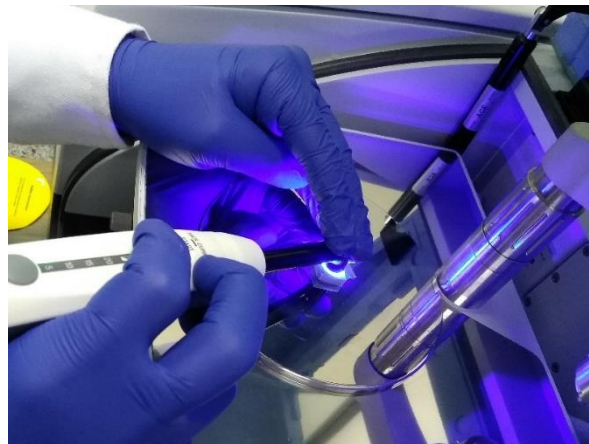
*a. Haz central del FTIR*



*b. Colocación del cemento en la matriz inicial*

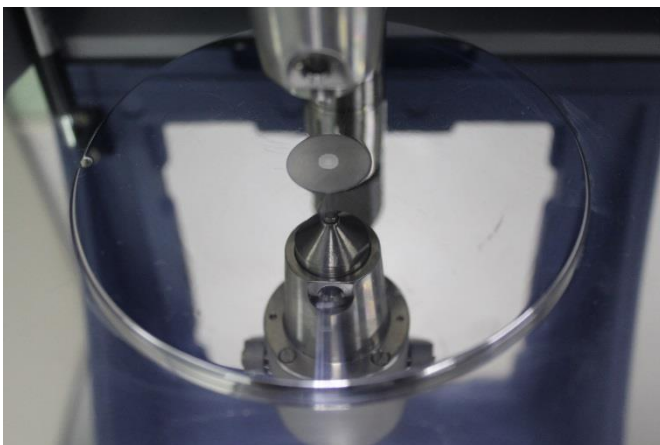


*c. Colocación de tira de poliéster y de la segunda matriz con el disco.*

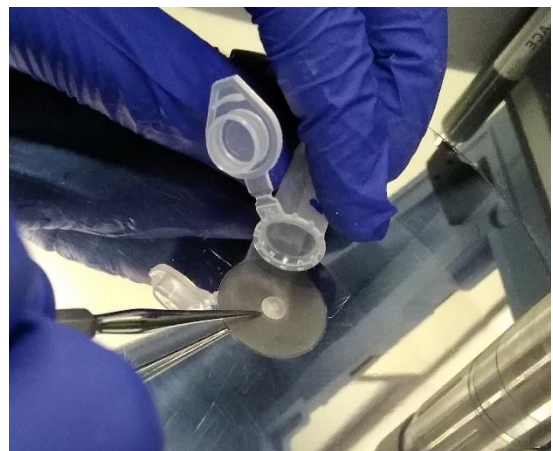


*d. Polimerización por 60 segundos.*

#### **Anexo N°4:**



*b. Retiro de las matrices después de la polimerización.*



*a. Retiro del espécimen del haz central del FTIR*

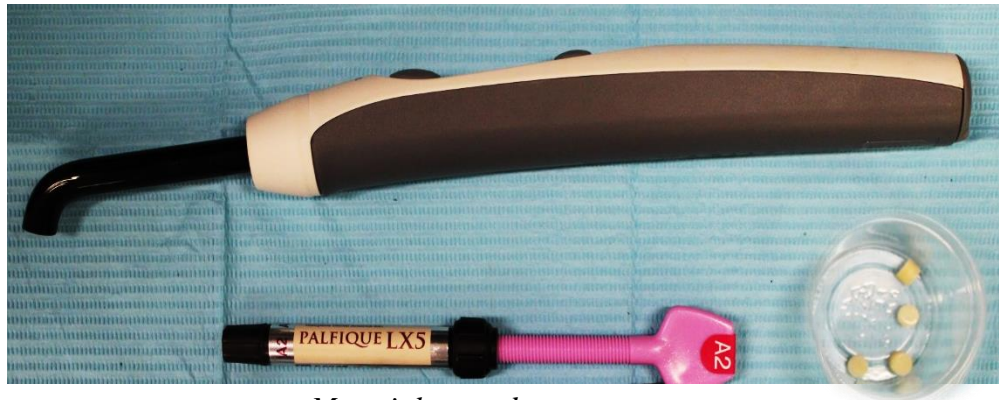


*d. Colocación del espécimen en el tubo de ensayo*



*c. Tubos de ensayo debidamente rotulados*

## Anexo N°5:



a. *Materiales usados*



b. calentador de resina Ar Heat, de marca DEASIN